Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 955-974

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 974-955

اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (1. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو)

المیرا محمدوند[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و بیژن یعقوبی[3]

تاریخ دریافت: 1396/02/09
تاریخ پذیرش: 1396/04/10

محمدوند، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و یعقوبی، ب. 1398. اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (1. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو). بوم‌شناسی کشاورزی، 11(3): 974-955.

چکیده

بررسی اثرات رقابتی علف‌هرز سوروف‌آبی به‌عنوان یک گونه رقیب جدید در شالیزارهای استان گیلان حائز اهمیت بسیاری است. نتیجه رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی تحت تأثیر تراکم و نسبت گونه‌ای قرار می‌گیرد؛ اگرچه زمان نسبی رویش دانه‌رست علف‌های‌هرز می‌تواند تأثیر زیادی بر آن داشته باشد. طی دو سال مطالعه مزرعه‌ای، اثر سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاءکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*): برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز: برنج) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات رشد برنج و علف‌هرز در شرایط رقابت تمام‌فصل با شش و پنج مرحله نمونه‌برداری تخریبی به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. در گیاه زراعی برنج، افزایش تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت سبب افزایش تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و کل ماده خشک تولیدی شد؛ امّا این نسبت بر ارتفاع نهایی بوته‌ها تأثیری نداشت. در علف‌هرز نیز تعداد پنجه و کل ماده خشک تولیدی تحت تأثیر نسبت کاشت قرار گرفته و با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت، افزایش یافت؛ اگرچه نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر ارتفاع نهایی گیاهان، حداکثر شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز نداشت و با پیشرفت فصل رشد تفاوت تیمارها از بین رفت. در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج تعداد پنجه‌ها در اکثر مراحل نمونه‌برداری در دو گونه مشابه بود؛ امّا در سایر مخلوط‌ها، در علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر وزن خشک برگ و کل ماده خشک تولیدی در کلیه نسبت‌های کاشت در علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. سن نشاء سوروف‌آبی تنها در سال اول آزمایش بر تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، و وزن خشک برگ دو گونه، و هم‌چنین بر کل ماده خشک تولیدی علف‌هرز تأثیر گذاشت؛ امّا در سال دوم چنین نشد. سن نشاء علف‌هرز اثری بر ارتفاع نهایی گیاهان نداشت. به‌طور کلی براساس یافته‌های این آزمایش می‌توان اظهار داشت که سوروف رقیب قوی‌تری نسبت به برنج است؛ چنان‌که اثر حضور گونه‌ی رقیب بر برنج بیش‌تر از سوروف‌آبی بود. این مسئله توانایی بیش‌تر علف‌هرز در جبران کاهش اولیه گیاهچه از طریق پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر به‌واسطه قابلیت رقابت بیش‌تر را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تراکم نسبی، سن گیاهچه، کشت غرقابی، نشاءکاری

مقدمه

در نگرش نوین مدیریت علف‌های‌هرز به جای سعی در حذف آن‌ها تأکید بر مدیریت جمعیت‌های علف‌های‌هرز است (Mortimer, 1997). دست‌یابی به این مهم نیازمند درک روابط موجود در این جمعیت‌ها، به‌ویژه تداخل علف‌های‌هرز و گیاهان‌زراعی است. عوامل

1- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و دانشجوی سابق دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- استادیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v11i3.64035

بسیاری در تداخل علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی نقش دارند که از آن میان تراکم هر یک از گونه‌ها و نسبت‌گونه‌ای اهمیت زیادی دارند. نسبت گونه‌ای، تراکم‌نسبی هر گونه در مخلوط جمعیت گیاهی می‌باشد. عملکرد هر گونه با حضور سایر گونه‌ها یا تراکم نسبی آن‌ها تأثیر می‌پذیرد (Radosevich, 1987). با افزایش تراکم علف‌های هرز، عملکرد گیاه زراعی کاهش می‌یابد؛ اگرچه میزان این کاهش بستگی به تراکم گیاه زراعی دارد. افزایش تراکم گیاه‌زراعی می‌تواند کاهش عملکرد در نتیجه رقابت علف‌هرز را کاهش دهد؛ امّا مقدار این تأثیر بسته به تراکم علف‌هرز و رقم گیاه زراعی متفاوت خواهد بود (Ni et al., 2004). در تراکم‌های بالای علف‌هرز، افزایش بیش‌تر تراکم ممکن است به‌اندازه تأثیر عوامل دیگر مانند زمان رویش و شرایط محیطی بر خسارت محصول اثر نداشته باشد (Ni et al., 2004). زمان نسبی و الگوهای رویش دانه‌رست علف‌های هرز می‌تواند تأثیر زیادی بر نتیجه رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی و رشد و توسعه علف‌های‌هرز داشته باشد. کاهش عملکرد گیاه‌زراعی می‌تواند به تغییرات کوچک در زمان رویش علف‌هرز و گیاه زراعی حساس باشد (Knezevic et al., 1994). دانه‌رست علف‌های هرز که در زمان‌های متفاوتی پس از رویش گیاه زراعی سبز می‌شوند، ممکن است ازنظر رشد و قابلیت باروری متفاوت باشند (Chauhan & Johnson, 2010). علف‌های هرزی که به‌طور هم‌زمان با گیاه زراعی جوانه می‌زنند، بیش‌ترین تأثیر بالقوه را بر تولید محصول دارند (Steckel & Sprague, 2004) و عملکرد را بیش‌تر از علف‌های هرزی که بعداً سبز می‌شوند، کاهش می‌دهند (Cousens et al., 1987). دانه‌رست‌های علف‌هرزی که دیر سبز می‌شوند از قابلیت رقابت کم‌تری برخوردارند و زیست‌توده کم‌تر و بذر کم‌تری نسبت به دانه‌رست‌هایی که زود سبز می‌شوند، تولید می‌کنند (Knezevic et al., 1994).

رقابت علف‌های هرز و گیاهان زراعی تحت تأثیر ویژگی‌های رشد و توسعه‌ی هر یک از گونه‌ها قرار می‌گیرد. تولید کل ماده خشک و سطح‌برگ، فرآیندهای اصلی رشد رویشی هستند. ارتفاع گیاه، ماده خشک و سطح برگ نشان‌دهنده اندازه نسبی، باروری و ظرفیت فتوسنتزی گیاه هستند که توانایی رقابتی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Bond & Oliver, 2006; Horak and Loughlin, 2000). اثبات تفاوت رشد یا ساختار گونه‌های رقیب و چگونگی تغییر طی فصل رشد، می‌تواند به تعیین قابلیت سمج‌بودن یک علف‌هرز در اکوسیستم‌های کشاورزی کمک کند (Bond & Oliver, 2006).

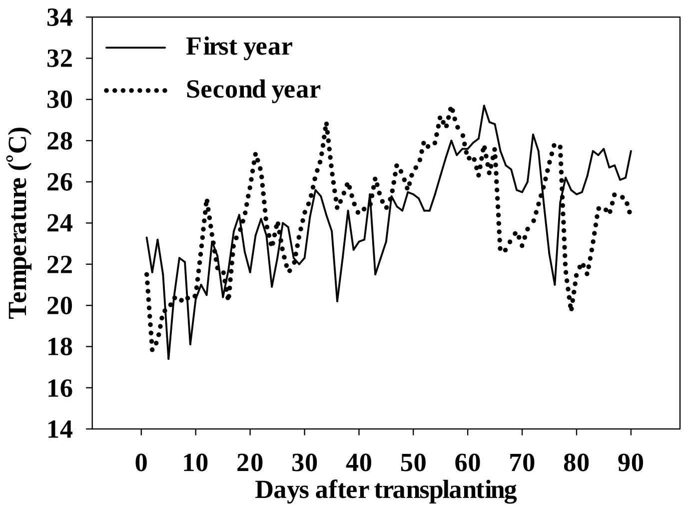
علف هرز سوروف آبی به‌عنوان یک گونه رقیب جدید در شالیزارهای استان گیلان مطرح است و لزوم بررسی اثر رقابتی آن بر برنج مشهود است. در مطالعات قبلی، اثر عمق قرارگیری بذر و ارتفاع غرقاب بر سبزشدن و رشد گیاهچه (Mohammadvand et al., 2013)، اثر دما و دوره نوری بر پاسخ جوانه‌زنی (Mohammadvand et al., 2015a)، و فنولوژی، مورفولوژی و عملکرد (Mohammadvand et al., 2014) سوروف آبی و نیز رقابت گونه مذکور با برنج به‌همراه مقایسه با گونه شایع سوروف (Mohammadvand et al., 2015b, 2015c) مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیق حاضر در تراکم‌های مختلف علف‌هرز- گیاه زراعی، اثر زمان‌های مختلف سبزشدن گیاهچه علف‌هرز نسبت به برنج را بر خصوصیات برنج و سوروف‌آبی طی فصل رشد مورد مطالعه قرار می‌دهد. نتایج ارزیابی‌های زمان برداشت گیاه زراعی در بخش دوم مقاله ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعات مزرعه‌ای طی دو سال در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت با طول جغرافیایی '36°41 شرقی و عرض جغرافیایی '16°37 شمالی به‌اجرا درآمد. بافت خاک مطابق آنالیز انجام‌شده، رس‌سیلتی (57 درصد رس، 39 درصد سیلت و 4 درصد شن) با pH 7/2 بود. متوسط بارندگی سالیانه منطقه 1015 میلی‌متر و ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 36/7 متر بود. حداکثر، میانگین و حداقل دمای روزانه طی 90 روز دوره رشد برنج در مزرعه به‌ترتیب 29/7، 24/4و 17/4 درجه سانتی‌گراد در سال اول و 29/7، 24/5و 17/8 درجه سانتی‌گراد در سال دوم آزمایش بود. روند تغییرات میانگین درجه‌حرارت روزانه طی فصل رشد (شکل1) حاکی از افزایش زودهنگام درجه حرارت در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش بود.

در انجام آزمایشات سال اول بذرهای سوروف‌آبی که در سال زراعی قبل از انجام آزمایش از مزارع تحقیقاتی محل اجرای آزمایش جمع‌آوری و همراه با پانیکول تا زمان اجرای آزمایشات نگه‌داری شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. در همین سال بوته‌هایی جهت تولید بذر کشت شده و بذرها جمع‌آوری و جداسازی شده و در یخچال در دمای 1±4 درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات سال دوم نگهداری شد. جوانه‌دار کردن بذرهای برنج و سوروف‌آبی (طول ریشه‌چه سه تا

پنج میلی‌متر) از طریق 24 ساعت خیساندن بذرها در آب و سپس چند روز قراردادن در شرایط جوانه‌زنی صورت گرفت. بذرپاشی بذرهای جوانه‌دارشده برنج در خزانه در اوایل اردیبهشت و بذرپاشی (خزانه‌گیری) بذرهای جوانه‌دارشده سوروف‌آبی در سه زمان متفاوت شامل هم‌زمان با بذرپاشی برنج در خزانه، 10 و 20 روز بعد از آن در خزانه‌های جداگانه انجام شد.



شکل1- تغییرات میانگین دمای روزانه طی روزهای پس از نشاکاری در دو سال آزمایش

Fig. 1- Mean day temperature variations during days after transplanting in two years of experiment

آماده‌کردن زمین اصلی با اعمال شخم اول حدود دو ماه قبل از اجرای آزمایش، شخم دوم عمود بر شخم اول در اواخر اردیبهشت، و ماله‌کشی و تسطیح سطح مزرعه انجام شد. یک ماه پس از خزانه‌گیری برنج، گیاهچه‌های برنج و گیاهچه‌های سوروف‌آبی با سن 30، 20 و 10 روز به زمین اصلی منتقل شد. نشاءکاری با دست در محل تلاقی خطوط عمود بر هم به فواصل 25×20 سانتی‌متر طبق روش رایج در منطقه به تعداد چهار گیاهچه در هرکپه با تراکم 20 کپه در مترمربع صورت گرفت. در سال اول مساحت کرت‌ها 14 مترمربع و ابعاد آن‌ها 5 متر (شامل 20 کپه) × 2/8 متر (شامل 14 کپه) بود. در سال دوم مساحت کرت‌ها 7/7 مترمربع و ابعاد آن‌ها 5/5 متر (شامل 22 کپه) × 1/4 متر (شامل 7 کپه) بود. تمایز کرت‌ها از طریق عدم کاشت نشاء بر روی ردیف میانی ایجاد شد. هم‌چنین برای حذف اثر حاشیه‌ای دو ردیف از کناره‌های هر کرت در سال اول و یک ردیف در سال دوم به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و در اندازه‌گیری‌ها مورد استفاده قرار نگرفت.

تیمارهای آزمایشی عبارت از آرایش فاکتوریل سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاءکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی: برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز:برنج) بود؛ که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تراکم‌های مختلف برنج و سوروف‌آبی از جایگزین کردن گیاهچه‌ها در هر کپه حاصل شد. جهت اطمینان از حصول تراکم موردنظر، یک هفته بعد از کاشت، کلیه کرت‌ها از نظر تعداد گیاهچه برنج و سوروف‌آبی در هر کپه بررسی و درصورت نیاز اصلاح شدند.

آبیاری غرقابی مطابق روش رایج در منطقه، کوددهی مطابق توصیه کودی شامل 140 کیلوگرم در هکتار اوره (46 درصد نیتروژن) طی دو مرحله تقسیط ($1/2$ زمان نشاءکاری و $1/2$ زمان پنجه‌دهی)، 100 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (46 درصدفسفر) در پایان مرحله آماده‌سازی زمین و 120 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم طی دو مرحله تقسیط ($1/2$ زمان نشاءکاری و $1/2$ زمان پنجه‌دهی)، وجین دستی علف‌های هرز مطابق روش رایج در منطقه در دو نوبت شامل وجین اول دو هفته بعد از نشاءکاری و وجین دوم چهارهفته پس از نشاءکاری همراه با کوددهی سرک (اوره و سولفات پتاسیم)، مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج با استفاده از گرانول‌پاشی سم دیازینون10 درصد به مقدار 15 کیلوگرم در هکتار در زمان اوج پرواز پروانه این آفت و

مبارزه با بلاست برگ برنج پس از مشاهده علائم بیماری در سال اول با دو بار سمپاشی قارچ‌کش تری‌سیکلازول شش درصد به فاصله 20 روز صورت گرفت.

اولین نمونه‌برداری تخریبی 15 روز بعد از نشاءکاری در سطح چهار کپه (0/2 مترمربع) انجام شده و سپس به فواصل 12 روز در سال اول (درمجموع شش مرحله نمونه‌برداری) و 14 روز در سال دوم (درمجموع پنج مرحله نمونه‌برداری) تکرار شد. مناطق تخریب‌شده در نمونه‌برداری‌های بعدی مورد استفاده قرار نگرفت و یک ردیف از بوته‌ها به‌عنوان حاشیه در هر مرحله نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. ارزیابی‌ها شامل شمارش پنجه‌های متعلق به هر گونه (برنج و سوروف‌آبی) در هر کپه، اندازه‌گیری حداکثر ارتفاع پنجه‌ها در هر کپه (ارتفاع تا نوک بلندترین برگ یا گل‌آذین)، تعیین سطح برگ کلیه پنجه‌های هر کپه (دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Li-Cor (LI -2500)، و توزین وزن خشک برگ و ساقه پس از جداسازی به‌تفکیک گونه (برنج و سوروف‌آبی) و خشک کردن در آون در دمای 75 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت بود. هم‌چنین در زمان رسیدگی گیاه زراعی، کلیه بوته‌های یک مترمربع از هر کرت کف‌بُر شده و تعداد کل پانیکول، تعداد کل پنجه و تعداد پنجه بارور و نیز میانگین حداکثر ارتفاع هر کپه به‌طور جداگانه برای برنج و سوروف‌آبی اندازه‌گیری شد.

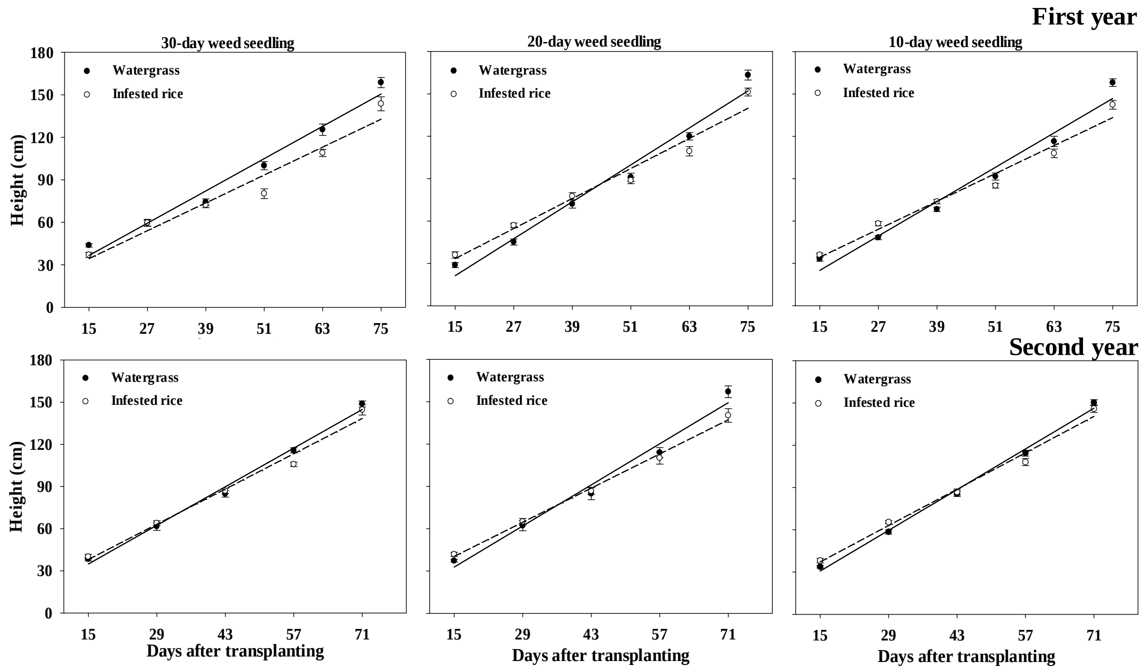
آنالیز داده‌ها با استفاده از تجزیه مرکب و به‌صورت فاکتوریل اسپلیت صورت گرفت که در آن آرایش فاکتوریل سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری و نسبت علف‌هرز: برنج در ترکیب به‌عنوان عامل اصلی و گونه (برنج یا سوروف‌آبی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثرمتقابل سال با سایر عوامل، تجزیه واریانس به‌صورت جداگانه برای هر سال انجام شد. هم‌چنین تجزیه واریانس جداگانه‌ای نیز برای هر گونه (برنج و سوروف‌آبی) انجام شد. درصورت نرمال‌بودن داده‌ها از داده‌های اصلی و درغیر این صورت از داده‌های تبدیل‌شده استفاده شد. مرتب‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار Excel، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی در نرم‌افزار SAS, ver. 9.1، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار تغییرات ارتفاع، تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک برگ و مجموع وزن خشک با استفاده از نرم‌افزار Sigma Plot, ver. 11 انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع

در اوایل فصل رشد ارتفاع برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود، ولی در حدود 40 روز پس از نشاءکاری ارتفاع دو گونه برابر شده و پس از آن تا آخر فصل رشد سوروف‌آبی ارتفاع بیش‌تری داشت (شکل 2). نسبت کاشت گیاه زراعی و علف‌هرز در ارتفاع گیاهان تأثیری نداشت. گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) نیز گزارش کرده‌اند که تفاوت ارتفاع بین برنج و سوروف مستقل از نسبت‌های مخلوط بوده و به رقم برنج بستگی داشت؛ چنان‌که ارتفاع سوروف هم در تک‌کشتی و هم در مخلوط بیش‌تر از کلیه ارقام برنج (سه رقم برنج نیمه‌پاکوتاه) بود.

در سال اول آزمایش، در اولین نمونه‌برداری، 15 روز پس از نشاءکاری، ارتفاع بوته‌های علف‌هرزی که 30 روز در خزانه رشد کرده و سپس به زمین اصلی منتقل شده بودند (از این پس "گیاهچه‌های 30 روزه")، بیش از آن‌هایی بود که 20 روز پس از رشد در خزانه در زمین اصلی نشاء شده بودند (گیاهچه‌های 20 روزه) و ارتفاع گروه اخیر نیز به‌طور معنی‌داری از گیاهچه‌هایی که تنها 10 روز پس از بذرپاشی در خزانه به زمین اصلی منتقل شده بودند (گیاهچه‌های 10 روزه)، بیش‌تر بود (شکل2). در این مرحله ارتفاع بوته‌های برنج مشابه علف‌های‌هرز با سن نشاء 20 روز بوده و از گیاهچه‌های 30 روزه کم‌تر و بیش‌تر از گیاهچه‌های 10 روزه بود. 27 روز پس از نشاءکاری، بوته‌هایی که هم‌زمان با برنج خزانه‌گیری شده بودند، دارای ارتفاع بیش‌تری از دو گروه دیگر و هم ارتفاع برنج بودند. در سال دوم آزمایش ارتفاع بوته‌های برنج در اولین نمونه‌برداری مشابه علف‌های‌هرز با سن نشاء 30 روز و بیش‌تر از دو گروه دیگر بود. بررسی ارتفاع بوته‌های سوروف‌آبی نشان داد که سن نشاء اثر معنی‌داری بر ارتفاع اولیه بوته‌ها دارد و بوته‌های دارای سن نشاء 20 و 30 روز به‌طور معنی‌داری ارتفاع بیش‌تری از گیاهچه‌های 10 روزه در 15 روز پس از نشاءکاری داشتند. در دومین نمونه‌برداری ارتفاع بوته‌های برنج بر علف‌هرز برتری نشان داد. 39-43 روز پس از نشاءکاری، ارتفاع دو گونه برابر شده و 51-57 روز پس از نشاءکاری (مرحله چهارم نمونه‌برداری) تا آخر فصل رشد در کلیه سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، ارتفاع سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود.



شکل2- تغییرات ارتفاع برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچهٔ علف‌هرز در مراحل نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش اعداد میانگین ارتفاع برنج و سوروف در نسبت‌های مختلف کاشت هستند.

Fig. 2- Rice and watergrass (*E. oryzoides*)) height variations in different weed seedlings ages during sampling times in two years of experiment Data points are means of rice and weed height in different planting proportions.

چاوهـان و جانسـون (Chauhan & Johnson, 2010) گـزارش کردند که ارتفاع تحت تأثیر زمان سبزشدن علف‌هـرز درمزرعـه قـرار گرفت و با تأخیر رویش، کاهش پیدا کرد؛ چنان‌که 15 روز تـأخیر در رویش سوروف، اثری بر ارتفاع علف‌هـرز نگذاشـت و 30 روز تـأخیر، ارتفاع را تنها حدود هشـت درصـد کـاهش داد؛ امّـا میـانگین ارتفـاع سوروف وقتی دانه‌رست‌ها 45 و 60 روز پس از سبزشدن بـرنج، سـبز شدند، به‌ترتیب 37 و 74 درصد کم‌تر از بوته‌هایی بود که هم‌زمان بـا برنج رشد کرده بودند. ارتفاع گیاهان به عـواملی نظیـر سـایه‌دهـی و نیتروژن نیز واکنش نشان می‌دهد. گیبسون و همکاران (Gibson et al., 2004) اظهار داشتند که ارتفاع در هر دو گونه برنج وسوروف‌آبی دیررس، در پاسخ به سایه افزایش پیدا کرد. افـزایش نیتـروژن سـبب افزایش ارتفاع بوته‌های برنج و سوروف‌آبی دیررس رشـدیافته در 18 درصد نور کامل خورشید نشد، درحالی‌که ارتفاع گیاهانی که در سطوح نور بیش‌تری (50 و 100 درصـد نـور خورشـید) رشـد کـرده بودنـد، تحت‌تأثیر نیتروژن قرار گرفت.

در هنگـام برداشـت طـی دو سـال آزمـایش مشـاهده شـد کـه نسبت‌کاشت و سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، اثری بر ارتفاع نهایی بوته ندارد و در این زمان ارتفاع سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود. میانگین ارتفاع سوروف‌آبی و برنج طی دو سـال آزمـایش بـه‌ترتیـب 154/90 و 142/42 سانتی‌متر بود (شکل 2). محققـان دریافتنـد کـه ارتفاع می‌تواند با قابلیت رقابت در برنج ارتباط داشته باشد (Jennings & Aquino, 1986; Jennings & De Jesus, 1986; Jennings & Herrera, 1986). گیبسون و همکـاران (Gibson et al., 1999) گزارش کردند که هر دو گونه برنج و سوروف‌آبی دیررس با افـزایش ارتفاع گیاه، به رقابت شاخساره واکنش نشان دادنـد. اگرچـه فیشـر و همکاران (Fischer et al., 1997, 2001) توانایی رقابتی برنج را بـا پنجه‌زنی و سطح‌برگ و نه با ارتفـاع آن مـرتبط دانسـتند. یاماسـو و همکاران (Yamasue et al., 1997) گزارش کردند که سـوروف‌آبـی دیررس قادر بود، بدون توجه به ارتفاع گیـاه زراعـی، ارتفـاع خـود را طوری تنظیم کند که برگ‌های آن در بالای کانوپی گیاه زراعی قرار

گیرند.

تعداد پنجه

توانایی تولید پنجه در برنج و علف‌هرز متفاوت بود و تحت تـأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قـرار گرفـت؛ چنـان‌کـه به‌طور کلی با افزایش سهم هر گونه در نسبت کاشت، تعداد پنجه آن افزایش یافـت (جـدول1 و 2). در گیـاه زراعـی بـرنج در مرحلـه اول نمونـه‌بـرداری تعـداد پنجـه در مترمربـع در نسـبت کاشـت 3:1 علف‌هرز:برنج تفاوت معنی‌داری با تیمـار شـاهد (تـک‌کشـتی بـرنج) نداشت؛ امّا با پیشرفت فصل رشد تعداد پنجـه در تیمـار شـاهد بـرنج به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای آلوده به علف‌هرز بود. آلـودگی به علف‌هرز سبب کاهش 44 تا 81 درصد در میزان تولید نهایی پنجه در برنج شد. ایـن مسـئله خسـارت بـارز علـف‌هـرز در تولیـد پنجـه گیاه‌زراعی را نشان می‌دهد. تیمار 3 گیاهچه برنج که تنها دارای یک گیاهچه علف‌هرز در نسبت کاشت بود، در اکثر مراحل نمونـه‌بـرداری (به‌جز 57 روز پس از نشاءکاری در سال دوم) نسـبت بـه تیمارهـای آلوده به 2 و 3 گیاهچه سوروف‌آبی، تولیـد پنجـه بـالاتری داشـت و تیمارهای اخیر نیز هر چند در سال اول در میانه فصل رشد تولید پنجه مشابهی داشتند، امّا در ابتدا و انتهای فصـل رشـد سـال اول و کلیـه مراحل سال دوم آزمایش، تحت تأثیر میزان آلودگی به علف‌هرز قـرار گرفتند و آلودگی به سه گیاهچه سوروف‌آبی، خسارت بیش‌تری را در مقایسه با دو گیاهچه علف‌هـرز بـه‌همـراه داشـت. افـزایش آلـودگیِ علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول سبب 44، 58 و 72 درصد کاهش، در سال دوم سبب 45، 71 و 81 درصد کاهش و در میـانگین دو سـال سـبب 45، 65 و 77 درصد کاهش تولید پنجه بارور (خوشه) در برنج نسبت بـه شـاهد در هنگام برداشت شد (جدول1). میزان کـاهش ایجـاد شـده در نتیجـه رقابت، در سال دوم بیش‌تر بود. در نتیجه بهبـود تجهیـزات آبیـاری، فراهمی آب در سال دوم بهتر از سال اول بود و به‌نظر مـی‌رسـد کـه سوروف‌آبی از وجود شرایط بهتر، استفاده بیش‌تری کرده و در رقابـت موفق‌تر عمل نموده است. فراهمی بیش‌تر آب، امکان رشد بیش‌تـر و بهره‌برداری بهتر از سایر منابع مانند کودهـا و بـالاخص نیتـروژن را فراهم می‌کند. واکنش عملکرد برنج به افزایش مصـرف نیتـروژن در شرایط آلودگی‌کم به علف‌هرز زمانی است که نیتروژن به‌اندازه کـافی برای هر دو گونه تأمین شده باشد.کول و مانوئل (Cole & Manuel, 1988) دریافتند که در حضور علف‌های‌هرز تفاوتی در عملکرد بـرنج بین سطوح مختلف نیتروژن به‌وجود نمی‌آید. علف‌های‌هرز در طـول مرحله تولید پنجه، برای جـذب نیتـروژن بـا بـرنج رقابـت مـی‌کننـد (Inamura et al., 2003). گونه‌های سوروف‌آبی واکنش زیـادی بـه نیتروژن نشان می‌دهند و مقادیر بالاتر نیتـروژن تـداخل گونـه‌هـای سوروف‌آبی با عملکرد بـرنج را افـزایش مـی‌دهـد (Gibson et al., 2003). رقابت زودهنگام برای نیتروژن می‌تواند نقش رقابت برای نور در مراحل بعدی فصل‌رشد را تعیین کند و علف‌هرز با تولیـد ارتفـاع و سطح‌برگ بیش‌تر برتری رقابی بیش‌تری بر برنج پیدا کند (Gibson et al., 1999).

در سوروف‌آبی نیز تعداد پنجه تحت تأثیر نسبت کاشت قرار گرفته و افزایش تعداد علف‌هرز در نسـبت کاشـت، توانـایی تولیـد پنجـه را افزایش داد (جدول 1). در زمان برداشت و در دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری در تعداد پنجه بارور سوروف‌آبی بین چهار نسبت مختلـف کاشت مشاهده شد. در میانگین دو سال مشاهده شد که کاهش تعداد علف‌هرز به سه، دو و یک بوته در نسبت کاشت، تولید نهـایی پنجـه بارور در علف‌هرز را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب 13، 26 و 44 درصد کاهش داد. مقایسه این ارقام با ارقام متناظر در برنج، نشان می‌دهـد که سوروف رقیب قوی‌تری نسبت به برنج است.

با مقایسه دوگونه برنج و علف‌هرز مشـاهده شـد کـه در نسـبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج در 15 روز پس از نشاءکاری تعـداد پنجـه برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود (جدول1). علـت ایـن امـر را مـی‌تـوان مرتبط با تعداد گیاهچه بیش‌تر برنج در نسبت کاشت دانست؛ اگرچه با پیشرفت فصـل رشـد ایـن تفـاوت از بـین رفتـه و تنهـا یـک بوتـه سوروف‌آبی توانست تعداد پنجه‌ای مشابه با سه بوته برنج تولیـد کنـد (119 و 128 پنجه بارور در مترمربع در سـال اول آزمـایش و 157 و 176 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیـب در بـرنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). با افزایش آلـودگی علـف‌هـرز بـه 2 گیاهچه در نسبت کاشت، در سال اول آزمایش در اولین نمونه‌برداری تعداد پنجه دو گونه مشابه بود؛ امّا پس از آن سـوروف‌آبـی بـر بـرنج برتری یافت. در سال دوم در کلیه مراحل و هنگـام برداشـت، تولیـد پنجه در سوروف‌آبی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از برنج بود (90 و 171 پنجه بارور در مترمربع در سال اول آزمایش و 84 و 229 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج و سـوروف‌آبـی در هنگام برداشت). نشاءکاری سه گیاهچه سوروف‌آبـی بـه‌همـراه یـک

گیاهچه برنج همواره برتری علف‌هرز در تولید پنجه را به‌همراه داشت (60 و 195 پنجه بارور در مترمربع در سال اول آزمایش و 54 و 277 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). مقایسه تک‌کشتی دو گونه نشان داد که در ابتدای فصل رشد علف‌هرز پنجه بیش‌تری تولید می‌کند امّا از میانه فصل رشد به بعد با از بین رفتن پنجه‌ها و کاهش بیش‌تر در تعداد پنجه از حدود 70 روز پس از نشاءکاری تعداد پنجه در دو گونه تفاوت معنی‌داری نداشت. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به مقدار محدود فراهمی منابع، در نهایت امکان رشد، گل‌دهی و تولید دانه در تعداد معین و یکسانی پنجه برای هر دو گونه فراهم شده است.

در آزمایشی که توسط گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) با استفاده از طرح سری‌های جانشینی انجام شد، میزان تولید پنجه برنج و سوروف با تغییر نسبت مخلوط در هر سال تغییر نمود و تعداد پنجه در تک‌کشتی برنج و سوروف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نودا و همکاران (Noda et al., 1968) گزارش کردند که تعداد پنجه‌های برنج در نتیجه رقابت سوروف به‌میزان قابل‌توجهی کاهش یافت. اگرچه پنجه‌دهی تا حدود میانه فصل رشد به‌طور تعیین‌کننده‌ای تحت تأثیر قرار نگرفته بود، امّا پس از آن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار گرفت و تعداد پنجه‌های بارور درحدود 50 درصد در زمان برداشت کاهش یافت.

در سال اول آزمایش، سن نشاء نیز بر تعداد پنجه تأثیر گذاشت (جدول 2). بعد از سومین نمونه‌برداری تعداد پنجه در گیاه‌زراعی برنج در تیمارهای سن بیش‌تر گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، کم‌تر بود. در هنگام برداشت تیمارهایی که با گیاهچه‌های 30 روزه در رقابت بودند، 111 پنجه در مترمربع تولید کردند که این رقم به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای گیاهچه‌های 10 و 2 روزه (به‌ترتیب 127 و 125 پنجه بارور درمترمربع) بود. در سوروف‌آبی نیز با طولانی‌شدن زمان خزانه‌گیری علف‌هرز، تعداد پنجه در هر مرحله افزایش یافت. در زمان برداشت تعداد پنجه گیاهچه‌های سوروف‌آبی 30 روزه (199 پنجه بارور در مترمربع) به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های 20 و 10 روزه (به‌ترتیب 168 و 169 پنجه بارور در مترمربع) بود. به نظر می‌رسد جوانه‌زنی سریع‌تر و بزرگ‌تر بودن گیاهچه علف‌هرز، توانایی رقابت آن را افزایش داده است. هرچند در سال دوم این تفاوت مشاهده نشد. با توجه به افزایش زودهنگام درجه‌حرارت در سال دوم (شکل 1) و مسیر فتوسنتزی چهارکربنه درسوروف‌آبی، به نظر می‌رسد گیاهچه‌های 10 و 20 روزه با رشد اولیه سریع‌تر توانسته‌اند، رویش دیرتر خود را جبران کنند.

لو (Luh, 1991) نشان داد که ایجاد تأخیر در رویش علف‌هرز و نیز افزایش تراکم برنج سبب افزایش توانایی نسبی برنج برای رقابت با علف‌های‌هرز می‌شود. گیاهچه‌هایی که دیر سبز می‌شوند، نسبت به آن‌ها که زودتر سبز می‌شوند، بیش‌تر تحت تأثیر سایه‌دهی قرار می‌گیرند. علاوه‌برآن بسته‌شدن زودهنگام کانوپی گیاه‌زراعی با استفاده از مقادیر بیش‌تر بذر، آرایش مکانی، تغذیه گیاه‌زراعی، و ارقام زراعی دارای قابلیت رقابت بالاتر می‌تواند سبب فرونشانی رشد علف‌هرز و کاهش نیاز به دوره عاری از علف‌هرز جهت دست‌یابی به عملکرد مطلوب گردد (Chauhan & Johnson, 2010).

مقایسه تعداد پنجه در برنج و علف‌هرز نشان داد که تنها در اولین نمونه‌برداری تیمار گیاهچه‌های 10 روزه تعداد پنجه بین دو گونه مشابه بوده و در سایر موارد همواره علف‌هرز پنجه بیش‌تری تولید نموده است (جدول 2). در سال دوم تنها در مرحله اول نمونه‌برداری سن نشاء هنگام نشاءکاری بر تعداد پنجه در علف‌هرز اثر داشت. به‌نحوی که با افزایش سن نشاء تعداد پنجه بیش‌تر شد. علت این امر را می‌توان شروع زودتر مرحله پنجه‌دهی در نشاهای بزرگ‌تر دانست. امّا در مراحل بعدی تفاوتی دیده نشد.

شاخص سطح برگ

توسعه سطح برگ در سال دوم نسبت به سال اول سریع‌تر صورت گرفت (جدول 3). گرم‌شدن زودتر هوا در سال دوم و میانگین بالاتر درجه‌حرارت طی دوره رشد و توسعه برگ (شکل 1) را می‌توان علت این امر دانست. حداکثر توسعه سطح برگ در سال اول آزمایش بین 51 تا 63 روز پس از نشاءکاری مشاهده شد؛ درحالی‌که در سال دوم در حدود 43 تا 57 روز پس از نشاءکاری توسعه سطح برگ به بیش‌ترین مقدار خود رسید (جدول 3). در مرحله حداکثر تولید سطح برگ، میانگین سطح برگ در کلیه تیمارها در گیاه‌زراعی برنج 1/06 و 1/10 و در تیمار تک‌کشتی 2/04 و 2/38 به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. این مقادیر برای سوروف‌آبی با در نظر گرفتن همه‌تیمارها 2/48 طی هر دو سال و در تیمار تک‌کشتی 2/67 و 2/71 به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. هم‌چنین در کلیه مراحل نمونه‌برداری میزان تولید سطح برگ در علف‌هرز به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از برنج بود.

جدول ۱- تعداد پنجه در مترمربع در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی دو سال آزمایش[a]

Table 1- Tiller number (no. m^{-2}) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	Sampling times مراحل نمونه‌برداری: First اول برنج Rice	First اول علف‌هرز Weed	First اول تفاوت[b] Dif[b]	Second دوم برنج Rice	Second دوم علف‌هرز Weed	Second دوم تفاوت Dif	Third سوم برنج Rice	Third سوم علف‌هرز Weed	Third سوم تفاوت Dif	Fourth چهارم برنج Rice	Fourth چهارم علف‌هرز Weed	Fourth چهارم تفاوت Dif	Fifth پنجم برنج Rice	Fifth پنجم علف‌هرز Weed	Fifth پنجم تفاوت Dif	Sixth ششم برنج Rice	Sixth ششم علف‌هرز Weed	Sixth ششم تفاوت Dif	Harvest برداشت برنج Rice	Harvest برداشت علف‌هرز Weed	Harvest برداشت تفاوت Dif
First year سال اول																					
1w:3R	88.33^{a}	49.44^{c}	**	166.67^{a}	165.00^{c}	ns	180.56^{b}	201.67^{c}	ns	171.11^{b}	223.33^{c}	*	171.11^{b}	200.00^{c}	ns	155.56^{b}	172.22^{c}	ns	118.67^{b}	127.78^{d}	ns
2w:2R	64.44^{b}	79.44^{b}	ns	107.22^{b}	216.11^{b}	**	123.33^{c}	277.22^{b}	**	124.44^{c}	273.33^{b}	**	113.33^{c}	247.78^{bc}	**	106.67^{c}	202.22^{bc}	**	90.00^{c}	170.67^{c}	**
3w:1R	30.56^{c}	119.44^{a}	**	81.11^{b}	235.56^{b}	**	90.56^{c}	276.67^{b}	**	93.33^{c}	266.67^{bc}	**	86.67^{c}	256.67^{b}	**	76.67^{c}	236.67^{b}	**	59.56^{d}	194.89^{b}	**
monoculture	90.00^{a}	133.89^{a}	**	211.67^{a}	293.33^{a}	**	265.00^{a}	357.78^{a}	**	280.00^{a}	343.33^{a}	*	246.67^{a}	310.00^{a}	*	247.04^{a}	259.56^{a}	ns	216.00^{a}	221.78^{a}	ns
Second year سال دوم																					
1w:3R	93.89^{a}	66.11^{d}	**	162.96^{b}	228.15^{b}	*	236.67^{b}	276.67^{b}	ns	162.22^{b}	247.78^{c}	**	158.89^{b}	174.44^{c}	ns				156.89^{b}	175.56^{d}	ns
2w:2R	51.11^{b}	96.11^{c}	**	121.48^{c}	265.93^{b}	**	137.78^{c}	394.44^{a}	**	130.00^{b}	334.44^{b}	**	100.00^{c}	260.00^{b}	**				84.44^{c}	228.67^{c}	**
3w:1R	28.89^{c}	155.56^{b}	**	70.37^{d}	402.22^{a}	**	73.33^{d}	395.56^{a}	**	57.78^{c}	350.00^{b}	**	44.44^{d}	280.00^{ab}	**				54.44^{d}	277.33^{b}	**
monoculture	108.33^{a}	186.11^{a}	**	317.78^{a}	385.93^{a}	*	400.00^{a}	465.56^{a}	*	336.67^{a}	400.00^{a}	*	283.33^{a}	326.67^{a}	ns				286.00^{a}	320.22^{a}	ns

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول۲- تعداد پنجه در مترمربع برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی سال اول آزمایش[a]

Table 2- Tiller number (no. m^{-2}) of watergrass (*E. oryzoides*) and rice in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز (روز) Weed seedling ages (day)	Sampling times مراحل نمونه‌برداری: First اول برنج Rice	First اول علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	Second دوم برنج Rice	Second دوم علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	Third سوم برنج Rice	Third سوم علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	Fourth چهارم برنج Rice	Fourth چهارم علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	Fifth پنجم برنج Rice	Fifth پنجم علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	Sixth ششم برنج Rice	Sixth ششم علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	Harvest برداشت برنج Rice	Harvest برداشت علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
10	73.33^{a}	70.42^{b}	ns	139.58^{a}	178.75^{c}	*	178.33^{a}	243.33^{b}	**	187.50^{a}	250.83^{b}	**	182.00^{a}	229.17^{a}	*	166.76^{a}	200.17^{b}	*	127.17^{a}	169.33^{b}	**
20	65.00^{a}	94.17^{b}	**	156.67^{a}	226.25^{b}	**	175.83^{a}	277.92^{ab}	**	174.17^{a}	268.33^{b}	**	156.67^{ab}	253.33^{a}	**	148.43^{ab}	224.17^{ab}	**	125.33^{a}	167.83^{b}	**
30	66.67^{a}	122.08^{a}	**	128.75^{a}	277.50^{a}	**	140.42^{b}	313.75^{a}	**	140.00^{b}	310.83^{a}	**	124.17^{b}	278.33^{a}	**	124.26^{b}	261.67^{a}	**	110.67^{b}	199.17^{a}	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول۳- شاخص سطح برگ در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش[a]

Table 3- Leaf area index in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	First اول برنج Rice	First اول علف‌هرز Weed	First اول تفاوت[b] Dif	Second دوم برنج Rice	Second دوم علف‌هرز Weed	Second دوم تفاوت Dif	Third سوم برنج Rice	Third سوم علف‌هرز Weed	Third سوم تفاوت Dif	Fourth چهارم برنج Rice	Fourth چهارم علف‌هرز Weed	Fourth چهارم تفاوت Dif	Fifth پنجم برنج Rice	Fifth پنجم علف‌هرز Weed	Fifth پنجم تفاوت Dif	Sixth ششم برنج Rice	Sixth ششم علف‌هرز Weed	Sixth ششم تفاوت Dif
First year سال اول																		
1w:3R	0.06^{a}	0.06^{a}	ns	0.46^{a}	0.49^{b}	ns	0.73^{b}	1.25^{a}	*	0.91^{b}	1.95^{a}	**	1.00^{b}	2.17^{a}	**	0.51^{b}	1.36^{a}	**
2w:2R	0.05^{a}	0.08^{a}	ns	0.25^{b}	0.67^{ab}	**	0.51^{bc}	1.50^{a}	**	0.58^{bc}	2.11^{a}	**	0.71^{c}	2.56^{a}	**	0.39^{b}	1.49^{a}	**
3w:1R	0.03^{b}	0.10^{a}	**	0.23^{b}	0.71^{a}	**	0.37^{c}	1.56^{a}	**	0.57^{c}	2.40^{a}	**	0.63^{c}	2.52^{a}	**	0.41^{b}	1.57^{a}	**
monoculture	0.07^{a}	0.15^{a}	ns	0.54^{a}	0.99^{a}	*	1.35^{a}	1.82^{a}	*	1.79^{a}	2.61^{a}	**	2.04^{a}	2.67^{a}	*	1.14^{a}	1.59^{a}	ns
Second year سال دوم																		
1w:3R	0.07^{ab}	0.09^{c}	ns	0.46^{b}	0.78^{b}	*	1.12^{b}	2.01^{a}	*	0.75^{b}	1.69^{a}	**	0.56^{a}	0.80^{b}	ns			
2w:2R	0.06^{b}	0.09^{c}	*	0.33^{b}	0.74^{b}	**	0.56^{c}	2.59^{a}	**	0.56^{b}	2.33^{a}	**	0.28^{b}	1.47^{a}	**			
3w:1R	0.02^{c}	0.16^{b}	**	0.19^{c}	1.33^{a}	**	0.34^{c}	2.63^{a}	**	0.29^{c}	2.17^{a}	**	0.12^{b}	1.62^{a}	**			
monoculture	0.08^{a}	0.26^{a}	**	0.71^{a}	1.22^{a}	**	2.38^{a}	2.71^{a}	ns	1.60^{a}	2.35^{a}	**	0.72^{a}	1.40^{a}	**			

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ٤- شاخص سطح برگ برنج و سوروف‌آبی(*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی سال اول آزمایش[a]

Table 4- Leaf area index of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	First اول برنج Rice	First اول علف‌هرز Weed	First اول تفاوت[b] Dif	Second دوم برنج Rice	Second دوم علف‌هرز Weed	Second دوم تفاوت Dif	Third سوم برنج Rice	Third سوم علف‌هرز Weed	Third سوم تفاوت Dif	Fourth چهارم برنج Rice	Fourth چهارم علف‌هرز Weed	Fourth چهارم تفاوت Dif	Fifth پنجم برنج Rice	Fifth پنجم علف‌هرز Weed	Fifth پنجم تفاوت Dif	Sixth ششم برنج Rice	Sixth ششم علف‌هرز Weed	Sixth ششم تفاوت Dif
10	0.05^{a}	0.05^{c}	ns	0.35^{a}	0.50^{c}	ns	0.83^{a}	1.27^{b}	**	1.14^{a}	2.07^{b}	**	1.27^{a}	2.36^{a}	**	0.75^{a}	1.51^{a}	**
20	0.06^{a}	0.08^{b}	ns	0.43^{a}	0.68^{b}	ns	0.79^{ab}	1.33^{b}	**	1.04^{ab}	2.10^{b}	**	1.03^{ab}	2.50^{a}	**	0.54^{b}	1.50^{a}	**
30	0.05^{a}	0.17^{a}	**	0.33^{a}	0.97^{a}	**	0.61^{b}	2.00^{a}	**	0.82^{b}	2.64^{a}	**	0.89^{b}	2.58^{a}	**	0.55^{b}	1.50^{a}	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۵- وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش[a]

Table 5- Leaf dry weight (gr.m^{-2}) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment.

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
First year سال اول																		
1w:3R	3.32^{ab}	1.65^{b}	**	18.07^{a}	13.51^{b}	ns	34.21^{b}	33.64^{a}	ns	41.25^{b}	81.37^{a}	**	38.43^{b}	78.87^{b}	**	27.51^{b}	61.52^{a}	**
2w:2R	2.86^{b}	3.31^{a}	ns	8.92^{b}	19.34^{ab}	*	20.05^{c}	46.08^{a}	**	36.18^{b}	87.12^{a}	**	31.05^{bc}	103.92^{a}	**	22.60^{b}	70.43^{a}	**
3w:1R	0.74^{c}	3.34^{a}	**	8.75^{b}	18.63^{ab}	**	18.21^{c}	48.47^{a}	**	30.51^{b}	86.47^{a}	**	25.12^{c}	103.84^{a}	**	22.63^{b}	74.50^{a}	**
monoculture	3.87^{a}	4.34^{a}	ns	21.68^{a}	22.95^{a}	ns	57.01^{a}	56.63^{a}	ns	93.19^{a}	104.72^{a}	ns	84.55^{a}	106.47^{a}	*	74.03^{a}	64.74^{a}	ns
Second year سال دوم																		
1w:3R	4.48^{a}	2.82^{b}	**	26.04^{b}	27.67^{b}	ns	73.34^{b}	91.60^{a}	ns	61.65^{b}	109.39^{a}	**	43.54^{b}	65.47^{a}	ns			
2w:2R	2.83^{b}	3.63^{b}	*	16.47^{c}	27.21^{b}	*	38.14^{c}	114.40^{a}	**	43.40^{c}	126.70^{a}	**	39.90^{b}	102.18^{a}	**			
3w:1R	2.03^{c}	5.82^{a}	**	23.03^{b}	49.37^{a}	**	24.30^{c}	129.64^{a}	**	22.05^{d}	136.35^{a}	**	19.09^{c}	87.85^{a}	**			
monoculture	4.87^{a}	7.72^{a}	**	41.80^{a}	48.34^{a}	ns	126.65^{a}	136.74^{a}	ns	121.66^{a}	147.17^{a}	*	73.39^{a}	107.60^{a}	*			

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول۶- وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی سال‌اول‌آزمایش[a]

Table 6- Leaf dry weight (gr.m^{-2}) of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
10	2.93^{a}	1.64^{b}	*	13.27^{a}	11.58^{b}	ns	35.59^{a}	36.87^{b}	ns	60.48^{a}	76.84^{b}	ns	53.75^{a}	94.80^{a}	**	44.80^{a}	69.99^{a}	*
20	2.63^{a}	2.57^{b}	ns	16.68^{a}	15.80^{b}	ns	33.69^{a}	43.30^{ab}	ns	51.36^{ab}	81.68^{b}	**	46.55^{a}	93.79^{a}	**	34.60^{a}	62.77^{a}	**
30	2.53^{a}	5.27^{a}	**	13.11^{a}	28.44^{a}	**	27.83^{a}	58.45^{a}	**	39.01^{a}	111.25^{a}	**	34.07^{b}	106.23^{a}	**	30.68^{a}	70.63^{a}	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۷- وزن خشک کل (گرم در مترمربع) در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی دو سال آزمایش[a]

Table 7- Total dry weight ($gr.m^{-2}$) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																				
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم			Harvest برداشت		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
First year سال اول																					
1w:3R	6.14^{a}	2.88^{b}	**	34.24^{a}	25.22^{b}	ns	79.75^{b}	82.85^{a}	ns	117.34^{b}	235.23^{a}	**	207.32^{b}	381.24^{b}	**	333.78^{b}	586.15^{b}	**	361.53^{b}	638.99^{c}	**
2w:2R	4.71^{b}	5.51^{a}	ns	16.75^{b}	37.85^{ab}	*	46.12^{c}	111.93^{a}	**	98.73^{b}	250.93^{a}	**	125.42^{c}	479.00^{a}	**	214.19^{c}	694.95^{ab}	**	254.47^{c}	752.83^{b}	**
3w:1R	1.41^{c}	5.73^{a}	**	16.56^{b}	34.65^{ab}	*	40.68^{c}	116.56^{a}	**	85.80^{b}	245.38^{a}	**	112.15^{c}	433.87^{ab}	**	199.81^{c}	706.73^{ab}	**	178.42^{c}	815.91^{b}	**
monoculture	4.84^{ab}	7.00^{a}	ns	40.69^{a}	45.33^{a}	ns	125.96^{a}	141.83^{a}	ns	255.30^{a}	294.45^{a}	ns	352.87^{a}	528.13^{a}	**	578.32^{a}	836.55^{a}	**	698.13^{a}	887.57^{a}	**
Second year سال دوم																					
1w:3R	8.40^{a}	5.86^{c}	**	51.34^{b}	56.51^{b}	ns	206.36^{b}	227.21^{a}	ns	295.97^{b}	467.23^{c}	**	424.72^{b}	473.47^{b}	ns				521.86^{b}	639.14^{c}	*
2w:2R	5.36^{b}	6.88^{c}	*	32.37^{c}	54.12^{b}	*	109.74^{c}	298.47^{a}	**	216.04^{c}	577.57^{bc}	**	258.77^{c}	863.69^{a}	**				271.15^{c}	891.50^{b}	**
3w:1R	3.80^{b}	1.08^{b}	**	51.12^{b}	97.86^{a}	**	65.02^{c}	339.88^{a}	**	97.02^{d}	658.33^{ab}	**	123.53^{d}	942.51^{a}	**				158.19^{d}	1029.88^{a}	**
monoculture	9.54^{a}	15.38^{a}	**	86.40^{a}	102.50^{a}	ns	340.98^{a}	360.06^{a}	ns	554.27^{a}	743.04^{a}	**	783.46^{a}	928.97^{a}	*				958.93^{a}	1095.15^{a}	*

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۸- وزن خشک کل (گرم در مترمربع) برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری و برداشت طی سال اول آزمایش[a]

Table 8- Total dry weight ($g.m^{-2}$) of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	Sampling times مراحل نمونه‌برداری																				
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم			Harvest برداشت		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
4.54^{a}	2.71^{b}	24.74^{a}	*	21.76^{b}	79.40^{a}	ns	87.52^{b}	164.28^{a}	ns	203.26^{b}	227.42^{a}	ns	386.72^{b}	363.94^{a}	**	650.04^{b}	396.53^{a}	**	711.41^{b}	$۷۱۱/۴۱^{b}$	**
4.18^{a}	4.26^{b}	31.45^{a}	ns	28.55^{b}	77.47^{a}	ns	105.45^{ab}	145.10^{a}	ns	223.78^{b}	218.88^{a}	**	421.76^{b}	345.91^{a}	**	611.73^{ab}	395.10^{a}	**	737.11^{b}	$۷۳۷/۱۱^{b}$	**
4.10^{a}	8.86^{a}	24.99^{a}	**	56.98^{a}	62.51^{a}	**	146.92^{a}	108.48^{a}	**	342.45^{a}	152.02^{a}	**	558.18^{a}	284.73^{a}	**	856.52^{a}	327.78^{a}	**	872.95^{a}	$۸۷۲/۹۵^{a}$	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

سطح برگ اهمیت قابل‌توجهی در جذب نور دارد و عامل کلیدی در نتیجه رقابت بین گیاه‌زراعی و علف‌های‌هرز است (Zhu et al., 2008). گیبسون و فیشر (Gibson & Fischer, 2001) حداکثر سرعت فتوسنتز بیش‌تری را در سوروف‌آبی زودرس نسبت به برنج گزارش کردند. بوهاک و بایر (Bouhache & Bayer, 1993) در نور کامل و نور کم سرعت فتوسنتز بیش‌تری را برای سوروف‌آبی دیررس نسبت به برنج گزارش کرده‌اند.

در گیاه زراعی برنج تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت، شاخص سطح برگ را تحت تأثیر قرار داد و به‌طور کلی با افزایش تعداد در نسبت کاشت، شاخص سطح برگ افزایش یافت. شاخص سطح برگ در مرحله اول نمونه‌برداری در سال اول در نسبت‌های کاشت 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج و در سال دوم در نسبت‌های کاشت 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت؛ امّا با پیشرفت فصل رشد شاخص سطح برگ در تیمار شاهد برنج به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای آلوده به علف‌هرز بود. حداکثر مقدار شاخص سطح برگ برنج در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج به‌ترتیب 0/63، 0/71، 1/00 و 2/04 در سال اول آزمایش و 0/34، 0/56، 1/12 و 2/38 در سال دوم آزمایش بود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای 1:3 و 2:2 علف‌هرز: برنج وجود نداشت (جدول 3). در این مرحله افزایش آلودگی علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول آزمایش سبب 51، 65 و 69 درصد و در سال دوم آزمایش سبب 53، 76 و 86 درصد کاهش در مقدار شاخص سطح برگ برنج نسبت به شاهد شد. چنان‌که مشاهده می‌شود مقدار کاهش در سال دوم بیش‌تر است. با توجه به رفع کم‌آبی و وجود شرایط رشد بهتر در سال دوم نسبت به سال اول و نیز میانگین درجه‌حرارت بالاتر طی دوره رشد سطح برگ در این سال (شکل 1)، به نظر می‌رسد که علف‌هرز از شرایط استفاده بهتری کرده و در رقابت با برنج بهتر عمل نموده است. مشابه این حالت در تولید پنجه نیز مشاهده شد.

در علف‌هرز سوروف‌آبی نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر حداکثر توسعه سطح برگ نداشت و با پیشرفت فصل رشد، تفاوت تیمارها از بین رفت. در نسبت‌های مختلف کاشت، این علف‌هرز توانست حداکثر شاخصی معادل 2/48 را تولید کند (جدول 3).

در نسبت کاشت 3:1 سوروف‌آبی: برنج در سال اول تا 27 روز پس از نشاءکاری و در سال دوم فقط در اولین نمونه‌برداری شاخص سطح برگ دو گونه تفاوت معنی‌داری نداشت و پس از آن شاخص سطح برگ علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود (جدول 3). در سایر نسبت‌ها در کلیه مراحل، علف‌هرز شاخص سطح برگ بیش‌تری نسبت به برنج تولید نمود. این مسئله برتری علف‌هرز در توانایی تولید برگ را نشان می‌دهد؛ به‌نحوی‌که توانایی پنجه‌دهی و برتری رقابتی علف‌هرز موجب می‌شود که با پیشرفت فصل رشد، حتی یک گیاهچه علف‌هرز بتواند پوشش سطح برگی بیش‌تر از سه گیاهچه برنج ایجاد کند. در مقایسه تک‌کشتی دو گونه نیز مشاهده شد که علف‌هرز شاخص سطح برگ بیش‌تری تولید می‌نماید. حداکثر مقدار این شاخص در سال اول آزمایش 2/04 و 2/67 و در سال دوم آزمایش 2/38 و 2/71 به‌ترتیب در برنج و علف‌هرز بود. این مقدار 24 و 12 درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در برنج کم‌تر از علف‌هرز بود. با توجه به کم‌آبی موجود در سال اول آزمایش مشخص می‌گردد که شرایط نامساعد و تنش در شرایط عدم وجود رقابت، اثرات بازدارنده بیش‌تری در گیاه‌زراعی نسبت به علف‌هرز دارد و با وجود کاهش سطح برگ درهر دو گونه در سال اول، مقدار کاهش در برنج بیش‌تر از علف‌هرز بوده است.

هم‌چنین در سال اول آزمایش، سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری نیز بر شاخص سطح برگ تأثیر گذاشت. در اوایل فصل رشد این اثر در علف‌هرز مشهود بود؛ امّا با پیشرفت فصل رشد گیاهچه‌های 10 و 20 روز رشد کم‌تر خود را جبران نمودند. در برنج برعکس بود و بعد از سومین نمونه‌برداری تفاوت‌ها آشکار شد و بوته‌های برنج در رقابت با تیمارهای گیاهچه‌های کوچک‌تر توفیق بیش‌تری یافتند. مقایسه شاخص سطح برگ در برنج و علف‌هرز نشان داد که در نمونه‌برداری اول و دوم تنها تیمار گیاهچه‌های 30 روزه دارای شاخص سطح برگ بیش‌تری از برنج بود؛ امّا پس از آن علف‌هرز همواره شاخص سطح برگ بالاتری تولید کرد (جدول 4).

توانایی بالای رقابتی در ارتباط با ویژگی‌هایی است که به گیاه‌زراعی اجازه استقرار سریع‌تر پوشش زمینی و دریافت بیش‌تر نور نسبت به علف‌های‌هرز را می‌دهد و در گیاهان بلندقد با شاخص سطح برگ بالاتر و سرعت رشد سطح برگ سریع‌تر وجود دارد (Wang et al., 2006). توانایی رقابتی در برنج با ویژگی‌های مرتبط با جذب نور و سرعت بسته‌شدن کانوپی ارتباط دارد (Fischer et al., 1997).

گزارش شده که سطح برگ برنج و وزن خشک ریشه در کرت‌های عاری از علف‌هرز به‌صورت خطی با میزان تولید وزن‌خشک در سوروف‌آبی در تیمارهای آلوده ارتباط دارد و بالاتر بودن تولید سطح‌برگ در تک‌کشتی، بیانگر قابلیت رقابت بیش‌تر گیاه‌زراعی در مقابل علف‌هرز است (Gibson et al., 2003). نی و همکاران (Ni et al., 2000) نیز شاخص سطح برگ را یکی از ویژگی‌های مؤثر در توانایی رقابتی برنج با علف‌های‌هرز برشمردند و اظهار داشتند که شاخص سطح برگ به‌طور غیرمستقیم از طریق زیست‌توده برنج، زیست‌توده علف‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

وزن خشک برگ

بررسی وزن خشک برگ نیز مشابه سطح برگ حاکی از توسعه سریع‌تر برگ در سال دوم نسبت به سال اول، احتمالاً به‌دلیل گرم‌شدن زودتر هوا و میانگین بالاتر درجه‌حرارت طی دوره رشد برگ در این سال بود (جدول 5 و 6). حداکثر وزن خشک برگ در سال اول آزمایش در حدود 51 تا 63 روز پس از نشاءکاری و در سال دوم در حدود 43 تا 57 روز پس از نشاءکاری مشاهده شد. حداکثر مقادیر ثبت‌شده در مراحل نمونه‌برداری برای گیاه زراعی برنج در میانگین تیمارها، 50/28 و 65/61 گرم در مترمربع و در تیمار تک‌کشتی 93/19 و 126/65 گرم در مترمربع و برای علف‌هرز سوروف‌آبی با در نظرگرفتن همه تیمارها 98/28 و 129/90 گرم درمتر مربع و در تیمار تک‌کشتی 106/47 و 147/17 گرم در مترمربع به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. در سال اول آزمایش در ابتدای فصل رشد وزن خشک برگ دو گونه تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ امّا از 39 روز پس از نشاءکاری (مرحله سوم نمونه‌برداری) و در سال دوم در کلیه مراحل نمونه‌برداری، وزن‌خشک برگ علف‌هرز به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از برنج بود.

در گیاه‌زراعی برنج وزن‌خشک برگ تحت تأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت و به‌طور کلی با افزایش سهم برنج در نسبت کاشت، وزن خشک برگ نیز افزایش یافت. وزن خشک برگ در مرحله اول نمونه‌برداری در نسبت‌های کاشت 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ امّا با سایر نسبت‌ها تفاوت داشت و در نسبت کاشت 2:2 نیز بیش‌تر از 1:3 علف‌هرز: برنج بود. با پیشرفت فصل رشد تفاوت وزن خشک برگ بین تیمار شاهد برنج و تیمارهای آلوده به علف‌هرز معنی‌دار شد. حداکثر مقدار وزن خشک برگ برنج در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج به‌ترتیب 30/51، 36/18، 41/25 و 93/19 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 24/30، 43/40، 73/34 و 126/65 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش بود. به این ترتیب افزایش آلودگی علف‌هرز به 1، 2 و 3 بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول آزمایش سبب 56، 61 و 67 درصد و در سال دوم آزمایش سبب 42، 66 و 81 درصد کاهش در مقدار وزن‌خشک برگ برنج نسبت به شاهد شد (جدول 5).

رشد سریع برگ در مراحل اولیه منجر به بسته‌شدن سریع‌تر کانوپی می‌شود که در رقابت برای نور و ممانعت از جوانه‌زنی علف‌های هرز مفید است. به همین جهت استفاده از ارقامی که پوشش اولیه سریع‌تری ایجاد کنند، خسارت را کاهش می‌دهد. گیبسون و همکاران (Gibson et al., 2003) گزارش کردند که شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ، در تک‌کشتی ارقام برنج رابطه منفی با تولید وزن خشک سوروف‌آبی در تیمارهای آلوده همان ارقام داشت. وزن خشک سوروف‌آبی رشدکرده با رقم دارای بیش‌ترین بازدارندگی در سال اول، 18 درصد و در سال دوم آزمایش 75 درصد وزن خشک سوروف‌آبی رشدکرده با رقم دارای کم‌ترین بازدارندگی بود.

مشابه سطح برگ، در علف‌هرز سوروف‌آبی نسبت کاشت تأثیر چندانی بر حداکثر وزن خشک برگ نداشت و با پیشرفت فصل رشد تفاوت تیمارها از بین رفت (جدول 5). در متوسط نسبت‌های مختلف کاشت طی دو سال آزمایش، این علف‌هرز توانست طی فصل رشد به مقدار حداکثر 141/09 گرم در مترمربع برسد.

در نسبت کاشت 3:1 سوروف‌آبی: برنج در 15 روز پس از نشاءکاری باتوجه به وجود 3 گیاهچه برنج در نسبت کاشت، وزن خشک برگ این گونه بیش‌تر از علف‌هرز بود. امّا یک گیاهچه علف‌هرز توانست با رشد بیش‌تر این تفاوت را جبران نماید و با پیشرفت فصل رشد حتی بر برنج برتری یابد. مشابه سطح برگ، توانایی بیش‌تر علف‌هرز در تولید برگ امکان تولید بیش‌تر را برای یک گیاهچه علف‌هرز درمقایسه با سه گیاهچه برنج ایجاد کرده است. در نسبت کاشت 2:2 در 15 روز پس از نشاءکاری در سال اول، وزن خشک برگ دو گونه برابر بود؛ امّا پس از آن علف‌هرز برتری یافت. در نسبت کاشت 2:2 در سال دوم و در نسبت کاشت 1:3 سوروف‌آبی: برنج در هر دو سال وزن خشک برگ سوروف‌آبی در کلیه مراحل بیش‌تر از برنج بود.

مقایسه تک‌کشتی دو گونه در سال اول آزمایش نشان داد که به‌جز در حدود 63 روز پس از نشاءکاری که در این زمان وزن خشک برگ به حداکثر مقدار خود رسید و در این زمان سوروف‌آبی به‌طور معنی‌داری وزن‌خشک برگ بیش‌تری داشت، در سایر مراحل وزن خشک برگ دو گونه مشابه بود. باتوجه به اینکه بررسی سطح برگ نشان داد که در این مراحل همواره سطح برگ سوروف‌آبی بیش‌تر از گیاه زراعی بوده است، به‌نظر می‌رسد در وزن خشک برابر، علف‌هرز سطح بیش‌تری تولید می‌نماید. در سال دوم آزمایش باتوجه به فراهمی بیش‌تر آب، وزن‌خشک برگ در تمام طول فصل رشد بیش‌تر از برنج بود. در مرحله حداکثر مقدار وزن خشک برگ، میزان این شاخص در تک‌کشتی برنج به‌ترتیب 12 و 14 درصد در سال اول و دوم آزمایش کم‌تر از تک‌کشتی علف‌هرز بود.

در سال اول آزمایش، وزن خشک برگ در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری متفاوت بود (جدول 6). در برنج در اوایل فصل رشد تفاوتی میان تیمارها مشاهده نشد؛ امّا در مراحل حداکثر وزن خشک برگ (چهارم و پنجم نمونه‌برداری) بوته‌هایی که در رقابت با علف‌های‌هرزی بودند که در سنین پایین‌تری نشاء شده بودند، قادر به تولید وزن خشک برگ بالاتری گردیدند. در علف‌هرز با پیشرفت فصل رشد گیاهچه‌های 10 و 20 روزه رشد کم‌تر خود را جبران نمودند. مقایسه وزن خشک برگ در برنج و علف‌هرز نشان داد که بیش‌تر بودن سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری برتری علف‌هرز بر برنج از نظر تولید برگ را سریع‌تر محقق می‌سازد؛ هرچند در نهایت میزان تولید برگ در هر سه سن نشاء علف‌هرز بیش‌تر از برنج خواهد بود. در سال دوم تنها در مرحله اول نمونه‌برداری وزن خشک برگ سوروف‌آبی تحت تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری قرار گرفت و در این مرحله بوته‌های حاصل از رشد گیاهچه‌های 30 و 20 روزه به‌طور معنی‌داری دارای وزن بیش‌تری (به‌ترتیب 6/46 و 4/94 گرم در مترمربع) نسبت به تیمار گیاهچه‌های 10 روزه (3/60 گرم در مترمربع) بودند؛ امّا در مراحل بعدی تفاوتی مشاهده نشد. احتمالاً رشد اولیه بیش‌تر در خزانه علت این امر بوده است.

تولید ماده خشک کل

توانایی تولید ماده خشک با درنظرگرفتن میانگین کلیه تیمارها، در سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود (جدول 7). در هنگام برداشت، این مقادیر برای گیاه زراعی برنج 373/14 و 475/96 و برای علف‌هرز سوروف‌آبی 773/83 و 913/92 گرم در مترمربع به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. مشابه سایر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده، در تولید ماده خشک نیز مشاهد شد که افزایش وزن خشک کل در سال دوم نسبت به سال اول سریع‌تر صورت گرفته و مقدار نهایی آن بالاتر بود. چنان‌که ذکر شد احتمالاً گرم‌شدن زودتر هوا در این سال و رفع مشکل کم‌آبی درحصول این نتیجه مؤثر بوده است.

هم‌چنین تولید ماده خشک در برنج و سوروف‌آبی تحت تأثیر تعداد گیاهچه هر گونه در نسبت‌کاشت قرار گرفت. به‌نحوی‌که در گیاه‌زراعی برنج در مرحله اول نمونه‌برداری تولید ماده خشک در تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری با نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج نداشت؛ امّا از سایر تیمارها بالاتر بود. با پیشرفت فصل رشد در سال اول در سومین نمونه‌برداری و در سال دوم بعد از گذشت 29 روز از نشاءکاری تولید ماده خشک در تیمارهای آلوده به علف‌هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. تولید ماده خشک برنج در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج، در اکثر مراحل نمونه‌برداری (به‌جز مرحله چهارم سال اول) بالاتر از تیمارهای آلوده به دو و سه گیاهچه سوروف‌آبی بود. این تیمارها (نسبت کاشت 2:2 و 1:3 علف‌هرز: برنج) در سال اول آزمایش تولید وزن خشک مشابهی داشتند، امّا در سال دوم آزمایش تحت تأثیر میزان آلودگی به علف‌هرز قرار گرفتند و آلودگی به 3 گیاهچه سوروف‌آبی، خسارت بیش‌تری را در مقایسه با دو گیاهچه علف‌هرز به‌همراه داشت. در هنگام برداشت با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت به 1، 2 و 3 بوته، تولید ماده خشک به‌ترتیب 48، 64 و 74 درصد در سال اول آزمایش و 46، 72 و 83 درصد در سال دوم آزمایش کاهش یافت (جدول 7). خسارت علف‌هرز در سال دوم بالاتر بود که مؤید استفاده بهینه علف‌هرز از شرایط بهینه تحت رقابت با گیاه‌زراعی است.

در سوروف‌آبی تولید وزن خشک تحت‌تأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت و به‌طور کلی با کاهش سهم علف‌هرز در نسبت کاشت، تولید ماده خشک نیز کاهش یافت (جدول 7)؛ اثر کاهش تعداد گیاهچه علف‌هرز در نسبت کاشت در میزان تولید ماده خشک کم‌تر از برنج بود؛ این مسئله توانایی بیش‌تر علف‌هرز در جبران کاهش اولیه در گیاهچه از طریق پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر به‌واسطه قابلیت رقابت بیش‌تر را نشان می‌دهد. در هنگام برداشت با حضور علف‌هرز در نسبت کاشت به‌تعداد یک، دو و سه بوته، تولید ماده خشک سوروف‌آبی نسبت به تک‌کشتی به‌ترتیب 72، 85 و 92

درصـد در سـال اول آزمـایش و 58، 81 و 94 درصـد در سـال دوم آزمایش بود.

در 15 روز پس از نشاءکاری، تولید ماده خشک بـرنج در نسـبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج بیش‌تر از سوروف‌آبی بـود کـه بـه‌واسـطه بیش‌تر بودن تعداد گیاهچه برنج در نسبت کاشت قابل انتظار بود. امّا با پیشرفت فصل رشد یک بوته سوروف‌آبـی توانسـت مـاده خشـکی بیش‌تر از سه بوته برنج تولید کند (تقریباً 362 و 639 گرم در مترمربع در سال اول آزمـایش و 522 و 639 گـرم در مترمربـع در سـال دوم آزمایش بـه‌ترتیـب در بـرنج وسـوروف‌آبـی در هنگـام برداشـت). در نسبت‌کاشت 2:2 در اولین نمونه‌برداری سال اول آزمایش، کـل‌مـاده خشک تولیدی دو گونه مشابه بود؛ امّا پس از آن تولید سـوروف‌آبـی بیش‌تر شد. در سال دوم در کلیه مراحل و هنگام برداشت سوروف‌آبی بر برنج برتری نشان داد (تقریباً 254 و 753 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 271 و 892 گـرم در مترمربـع در سـال دوم آزمـایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). درحضور توأم سـه گیاهچه سوروف‌آبی و یک گیاهچه برنج، همـواره برتـری علـف‌هـرز مشاهده شد (تقریباً 178 و 816 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 158 و 1030 گرم در مترمربع در سال دوم آزمـایش بـه‌ترتیـب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت).

گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) گزارش کردنـد کـه بـا افزایش نسبت برنج به سوروف، وزن خشک برنج بیش‌تر شد؛ امّا وقتی این نسبت‌ها برابر (2:2) بودند، فرقی نداشت. نی و همکاران (Ni et al., 2000) دریافتند که زیست‌تـوده آغـازین و زیسـت‌تـوده هنگـام پنجه‌زنی برنج با توانایی رقابت گیاه زراعی در مقابل علف‌هـای‌هـرز ارتباط دارد.

مقایسه تک‌کشتی دو گونه نشان داد که از اواسط فصل رشد بـه بعد تفاوت قابل‌توجهی در وزن خشک کل دو گونه به‌وجود می‌آیـد و در نهایت تولید کل ماده خشک در سوروف‌آبی بر برنج فزونی می‌یابد (تقریباً 698 و 888 گرم در مترمربع در سـال اول آزمـایش و 959 و 1095 گرم در مترمربع در سـال دوم آزمـایش بـه‌ترتیـب در بـرنج و سوروف‌آبی در هنگام برداشت).

در سال اول آزمایش، سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشـاءکاری تولیـد مـاده خشـک متفـاوتی داشـتند (جـدول 8). 15 روز پـس از نشاءکردن گیاهچه‌های 10 روزه علف‌هرز به‌همراه گیاه‌زراعی، تولیـد ماده خشک برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود، امّـا پـس از آن علـف‌هـرز توانسـت تـأخیر رویـش خـود را جبـران نمـوده و از 63 روز پـس از نشاءکاری بتواند در این رقابت ماده خشک بـیش‌تـری تولیـد نمایـد. برتـری رقـابتی سـوروف‌آبـی بـر بـرنج در تولیـد مـاده خشـک، در گیاهچه‌های 20 روزه پس از گذشت 51 روز از زمان نشـاءکاری و در گیاهچه‌های 30 روزه از اولین نمونه‌برداری آشکار شد. زمـان نسـبی سبزشدن اثر قابل‌تـوجهی بـر رقابـت گیاهـان دارد (Caton et al., 1999) رویش زودتر علف‌های‌هرز در یک گیاه‌زراعی، تأثیر بیش‌تری بر عملکرد گیاه زراعی دارد (Cousens et al., 1987).

از نظر تولید ماده خشک بـرنج، تفـاوت قابـل‌ملاحظـه‌ای میـان تیمارها در طول فصل رشد و در هنگام برداشت مشاهده نشد؛ امّـا در علف‌هرز، تولید ماده خشک هنگام برداشت، در تیمار گیاهچه 30 روزه (873 گرم در مترمربع) به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های 20 و 10 روزه (به‌ترتیب 737 و 711 گرم در مترمربع) بود. به عبارت دیگر 10 و 20 روز تأخیر در رویش سوروف‌آبی در خزانه، به‌ترتیب سبب 16 و 19 درصد کاهش در وزن خشک کل علف‌هرز شد. کاشت گونه‌های سوروف‌آبی 15 روز پس از کشت برنج، تنها 13-26 درصد زیست‌توده علف‌های هرزی را تولید کرد که هم‌زمان با گیـاه زراعـی سـبز شـده بودند (Gibson et al., 2002).

در هنگام برداشت محصول در سال دوم، این تفاوت مشاهده نشد؛ احتمالاً بـا توجـه بـه افـزایش سـریع‌تـر درجـه‌حـرارت در سـال دوم گیاهچه‌های 10 و 20 روزه با رشد اولیه سـریع‌تـر توانسـته‌انـد، ایـن تفاوت را جبران کنند. در سال دوم وزن خشک کل سوروف‌آبی فقـط در اولین مرحله نمونه‌برداری تحت تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری قرار گرفت و مشابه وزن خشک برگ، در گیاهچه‌های 30 و 20 روزه بـه‌طـور معنـی‌داری (بـه ترتیـب 12/90 و 9/67 گـرم در مترمربع) بیش‌تر از گیاهچه‌های 10 روزه (6/83 گرم در مترمربع) بود. امّا در مراحل بعدی تفاوتی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد طـولانی‌تـر بودن دوره رشد در خزانه سبب بزرگ‌تر بودن نسبی این بوته‌ها شـده است. باکی و ازمی (Baki & Azmi, 1994) گزارش کردند که دوره بحرانی رقابت در برنج کشت‌مستقیم دو تا چهار هفته پس از کاشـت است. بنابراین تجمع سریع ماده خشک در مراحل اولیه رشد در رقابت با علف‌های‌هرز اهمیت حیاتی دارد (Ni et al., 2000).

نتیجه‌گیری

نسبت کاشت گیاه‌زراعی و علف‌هرز اثری بر ارتفاع گیاهان نداشت

و ارتفاع نهایی سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود. حضور یک، دو و سه بوته رقیب در نسبت کاشت، به‌ترتیب سبب کاهش تولید پنجه بارور (خوشه) در هنگام برداشت به‌میزان 45، 65 و 77 درصد برای برنج و 13، 26 و 44 درصد برای سوروف آبی نسبت به تک‌کشتی شد. در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج تعداد پنجه نهایی برنج مشابه علف‌هرز و در سایر نسبت‌ها در سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود؛ اگرچه تولید نهایی پنجه در تک‌کشتی دو گونه یکسان بود. افزایش آلودگی علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت سبب 52، 71 و 78 درصد کاهش در حداکثر مقدار شاخص سطح برگ و 49، 64 و 74 درصد کاهش در حداکثر مقدار وزن‌خشک برگ برنج نسبت به شاهد شد؛ درحالی‌که نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر توسعه سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز سوروف‌آبی نداشت و با پیشرفت فصل رشد، تفاوت تیمارها از بین رفت.

در کلیه تیمارهای آلوده به علف‌هرز و هم‌چنین در مقایسه تک‌کشتی دو گونه، حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر وزن خشک برگ علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. در هنگام برداشت با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت به یک، دو و سه بوته، تولید ماده خشک نسبت به‌تک‌کشتی به‌ترتیب در برنج 47، 68 و 79 درصد کاهش و در سوروف‌آبی 65، 83 و 93 درصد افزایش یافت. در کلیه‌ی نسبت‌های کاشت،کل‌ماده خشک تولیدی سوروف‌آبی در هنگام برداشت بیش‌تر از برنج بود.

سن نشاء سوروف‌آبی تنها در سال اول آزمایش بر صفات اندازه‌گیری‌شده (به‌جز ارتفاع) اثر داشت. در سوروف‌آبی خزانه‌گیری زودتر با تولید پنجه بیش‌تر همراه بود. در برنج از سومین نمونه‌برداری به بعد بوته‌های برنج در رقابت با سوروف 30 روزه پنجه کم‌تری تولید کردند. اثر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در اوایل فصل رشد بر شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز مشهود بود؛ امّا با پیشرفت فصل جبران شد. در برنج تفاوت‌ها بعد از سومین نمونه‌برداری آشکار شد و اثرات رقابتی گیاهچه‌های کوچک‌تر با بوته‌های برنج کم‌تر بود. 10 و 20 روز تأخیر در رویش سوروف‌آبی در خزانه، به‌ترتیب سبب 16 و 19 درصد کاهش در وزن خشک کل علف‌هرز شد ولی تأثیری بر تولید ماده خشک برنج نداشت. برتری سوروف‌آبی بر برنج از نظر تولید ماده‌خشک، در گیاهچه‌های 10 روزه علف‌هرز، 63 روز پس از نشاءکاری، در گیاهچه‌های 20 روزه 51 روز پس از نشاءکاری و در گیاهچه‌های 30 روزه از اولین نمونه‌برداری آشکار شد. بیش‌تر بودن سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری سبب تسریع برتری علف‌هرز بر برنج شد؛ اگرچه در نهایت میزان تولید پنجه، برگ و کل ماده خشک علف‌هرز در هر سه سن نشاء بیش‌تر از برنج بود. این نتایج حاکی از برتری رقابتی سوروف‌آبی نسبت به برنج است؛ چنان‌که قابلیت بالای رقابت، علف‌هرز را قادر ساخت که در حضور سه بوته گیاه زراعی نیز بتواند رشدی برابر یا حتی بیش‌تر داشته باشد و احتمالاً با پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر موفق به جبران کاهش تراکم اولیه گردد.

به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که بهبود کنترل سوروف‌آبی در زراعت برنج نیازمند ترکیب تنش‌ها است. بنابراین راهبردهای مدیریت علف‌های‌هرز که رشد سوروف‌آبی را ازطریق ایجاد محدودیت در چندین منبع کاهش دهند، مؤثرتر هستند. چنین راهبردهایی به ادغام چندین ابزار (مدیریت آب و حاصلخیزی، ارقام رقابت‌کننده برنج، شخم و آماده‌سازی بستر بذر و مصرف علف‌کش) نیاز دارند که به کسب منابع توسط گیاه زراعی به‌جای علف‌های هرز کمک کند. به‌علاوه افزایش توانایی رقابتی ارقام زراعی که با رویش سریع، بنیه بالای گیاهچه، سرعت بالای گسترش برگ، ایجاد سریع کانوپی متراکم، ارتفاع زیاد گیاه، رشد سریع ریشه و اندازه زیاد ریشه در ارتباط است، می‌توانند گیاه زراعی را در افزایش قابلیت رقابت و فرونشانی علف‌های‌هرز یاری دهد. هم‌چنین توانایی رقابتی ارقام می‌تواند در نتیجه عملیات زراعی نظیر فاصله گیاهان یا میزان بذرکاری تغییر کند. بنابراین ایجاد تأخیر در رویش سوروف‌آبی که می‌تواند از طریق گزینه‌های مدیریتی نظیر خاک‌ورزی مکانیکی در هنگام آماده‌سازی زمین و دفن بذرها و یا از طریق عملیات مدیریتی نظیر زمان کاربرد علف‌کش به‌دست آید، تنها با درنظر گرفتن کلیه موارد مذکور، می‌تواند در توسعه راهبردهای مدیریت تلفیقی سوروف‌آبی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Baki, B.B., and Azmi, M. 1994. Integrated management of paddy and aquatic weeds in Malaysia: current status and prospects for improvement. Pages 46–77 In: Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds and Prospects for Biological Control. Shibayama H., Kiritani K., and Bay-Peterson J. (Eds.), Taipei, Taiwan: Food and Fertilizer

Technology Center for the Asian and Pacific Region, FFTC Book Series No. 45.
Bond, J.A., and Oliver, L.R. 2006. Comparative growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) accessions. Weed Science 54: 121–126.
Bouhache, M., and Bayer, D.E. 1993. Photosynthetic response of flooded rice (*Oryza sativa*) and three *Echinochloa* species to changes in environmental factors. Weed Science 41: 611–614.
Caton, B.P., Foin, T.C., and Hill, J.E. 1999b. A plant growth model for integrated weed management in direct-seeded rice. III. Interspecific competition for light. Field Crops Research 63: 47–61.
Chauhan, B.S., and Johnson, D.E. 2010a. Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. Field Crops Research 117: 177–182.
Cole, Z.A., and Manuel, J.S. 1988. Effect of weeds on the yield and yield components of lowland rice affected by nitrogen fertilization. Pest Control Council of the Philippines. Cebu City. 19: 1 pp.
Cousens, R., Brain, P., O'donovan, J.T., and O'donovan, P.A. 1987. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. Weed Science 35: 720–725.
Fischer, A., Ramirez, H.V., and Lorenzo, J. 1997. Suppression of junglerice [*Echinochloa colona* (L.) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. Agronomy Journal 89: 516–521.
Fischer, A.J., Ramirez, H.V., Gibson, K.D., and Da Silveira Pinheiro, B. 2001. Competitiveness of semidwarf upland rice cultivars against palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) and signalgrass (*B. decumbens*). Agronomy Joural 93: 967–973.
Gealy, D.R., Estorninos, Jr. L.E., Gbur, E.E., and Chavez, R.S.C. 2005. Interference interactions of two rice cultivars and their F_3 cross with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in a replacement series study. Weed Science 53: 323–330.
Gibson, K.D., and Fischer, A.J. 2001. Relative growth and photosynthetic response of water-seeded rice and *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch to shade. International Journal of Pest Management 47: 305–309.
Gibson, K.D., Fischer, A.J., and Foin, T.C. 2004. Compensatory responses of late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) and rice to resource limitations. Weed Science 52: 271–280.
Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E. 2002. Implications of delayed *Echinochloa germination* and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. Weed Research 42: 351–358.
Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E. 2003. Crop traits related to weed suppression on water-seeded rice (*Oryza sativa* L.). Weed Science 51: 87–93.
Gibson K.D., Foin T.C., and Hill J.E. 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. Weed Research 39: 181–190.
Gibson K.D., Foin T.C., and Hill J.E. 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. Weed Research 39: 181–190.
Horak M.J., and Loughlin T.M. 2000. Growth analysis of four *Amaranthus* species. Weed Science 48: 347–355.
Inamura, T., Miyagawa, S., Singvilay, O., Sipaseauth, N., and Kono, Y. 2003. Competition between weeds and wet season transplanted paddy rice for nitrogen use, growth and yield in the central and northern regions of Loas. Weed Biology and Management 3: 213-221.
Jennings, P.R., and Aquino, R.C. 1986. Studies on competition in rice: III. The mechanism of competition among phenotypes. Evolution 22: 529–542.
Jennings, P.R., and De Jesus, J. 1986. Studies on competition in rice: I. Competition in mixtures of varieties. Evolution 22: 119–124.
Jennings, P.R., and Herrera, R.M. 1986. Studies on competition in rice: II. Competition in segregating populations. Evolution 22: 529–542.
Knezevic, S.Z., Weise, S.F., and Swanton, C.J. 1994. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in corn (*Zea mays*). Weed Science 42: 568–573.
Luh B.S. 1991. Rice Production. Van Nostrand Reinhold NY, 439 pp.
Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi, A. 2013. The effects of seed burial and flooding depths on emergence and seedling growth of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and barnyardgrass (*E. crus-galli*). Iranian journal of Field Crops Research 10(4): 699-708. (In Persian with English Summary)
Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi Kumleh, A. 2015a. Investigating the germination

response of two *Echinochloa* species to temperature and photoperiod with emphasis on invasiveness. Iranian Journal of Field Crop Science 45(4): 639-648. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi Kumleh, A. 2014. Phenology, morphology and yield characteristics of two *Echinochloa* weed Species. Journal of Plant Protection 28: 346-360. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Shahdi Kumleh, A., and Avarseji, Z. 2015c. Competitive relationships of watergrass and barnyardgrass with rice in a replacement series study. Electronic Journal of Crop Protection 8(1): 205-222. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Shahdi Kumleh, A., and Avarseji, Z. 2015b. Characterizing the competitive traits of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) as a new-introduced, and barnyardgrass (*E. crus-galli*) as a common weed species in rice. Journal of Plant Production Research 22 (3): 223-242. (In Persian with English Summary)

Mortimer, A.M. 1997. Phenological adaptation in weeds-an evolutionary response to the use of herbicides, Pesticide Science 51: 299–304.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P. 2000. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science 48: 200–204.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P. 2004. Analysis of competition between wet-seeded rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) using a response–surface model Weed Science 52: 142–146.

Noda, K., Ozawa, K., and Ibaraki, K. 1968. Studies on the damage to rice plants due to weed competition-effect of barnyardgrass competition on growth, yield, and some eco-physiological aspects of rice plants. Weed Research of Japan 7: 49-54.

Radosevich, S.R. 1987. Methods of interactions among crops and weeds.Weed Technology 1: 190–198.

Steckel, L.E., and Sprague, C.L. 2004. Common waterhemp (*Amaranthus rudis*) interference in corn. Weed Science 52: 359-364.

Wang, G., McGiffen Jr., M.E., Ehlers, J.D., and Marchi, E.C.S. 2006b. Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. Weed Science 54: 775–782.

Yamasue, Y., Murayama, H., Inoue, H., Matasui, T., and Kusanagi, T. 1997. Growth analysis of rice and *Echinochloa oryzicola* vasing in mixed strands. Journal of Weed Science and Technology 42: 365–371.

Zhu, C., Zeng, Q., Ziska, L.H., Zhu J., Xie, Z., and Liu, G. 2008. Effect of nitrogen supply on carbon dioxide–induced changes in competition between rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weed Science 56: 66–71.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 955-974

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 974-955

Effects of Emergence Time in Nursery and Density of Watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on Competitive Ability with Rice (I. During Season Studies: Growth and Development)

E. Mohammadvand[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and B. Yaghoubi[3]
Submitted: 29-04-2017
Accepted: 01-07-2017

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Yaghoubi, B. 2019. Effects of emergence time in nursery and density of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on competitive ability with rice (I. During season studies: Growth and development). Journal of Agroecology. 11(3): 955-974.

Introduction

Investigating the competitive effects of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) as a new-introduced weed species in rice production of Guilan province is of major importance. Consequences of watergrass–rice competition are influenced by each species proportion and density; although could be greatly affected by relative weed seedling emergence time. Furthermore to analyze crop-weed competition, the variation in plant traits that confer competitive ability should be considered. Total dry matter and leaf area as the basic processes in vegetative growth, and plant height, dry weight, and leaf area index as the indications of the relative size, photosynthetic capacity, and productivity, affect competitive ability. Rice traits were associated with competitiveness against weeds included Initial biomass, crop growth rate, leaf area index, and biomass at tillering.

Documenting watergrass and rice differences in growth or structure and plants changes over the course of a growing season contribute to explain the severity of watergrass as a weed in transplanted rice. The objectives of this study were to compare growth characteristics of weed and crop species and investigate growth pattern changes during the growing season.

Materials and Methods

During two years of a field study, the effect of watergrass seedling ages at the time of transplanting (10, 20, and 30 day), and planting proportions of watergrass: rice in each hill (0:4, 1:3, 2:2, 3:1, and 4:0, (weed: rice)) were examined as a factorial based on randomized complete block design with three replications. Growth characteristics of rice and watergrass under full-season competition evaluated by six and five destructive samples respectively in first and second years of experiment. At each sampling interval, plants were returned to the laboratory, where the height (by recording the highest extended leaf), the number of tillers (by hand counting total number of tillers) the leaf area index (by measuring the leaf area with an automatic area meter (Li-cor, LI-2500)), and dry weight of leaves, stems and total plant (by drying at 75 C until a constant weight was reached) were determined separately for each weed and rice species. Sampled plots were not sampled at subsequent harvests. Below-ground biomass was not included in the measurements.

Results and Discussion

According to the results, tiller number, leaf area index, leaf dry weight, and total dry weight of rice increased with increasing seedling number in plant proportions; while final height did not affect. For watergrass, tiller

---

1- Assistant professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht and former PhD student, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professors, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Scientific Board Member of Rice Research Institute of Rasht, Iran

(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.64035

number and total dry weight were also influenced by plant proportion, and increased as weed ratio at the planting proportion was raised. Planting proportion caused no significant effect on final height, maximum leaf area index and leaf dry weight of watergrass, and differences among treatments disappeared over the growing season.

At the planting proportion of 1:3 (weed: rice) tiller number of two species was similar in most samples, but was higher for weed than rice at the other mixtures. Maximum leaf area index, leaf maximum dry weight, and total dry weight of watergrass in all planting proportions were higher than rice. Weed seedling ages had significant effects on tiller number, leaf area index, and leaf dry weight of two species, and also total dry weight of watergrass at the first year, but such an effect did not observe in the second year.

Conclusion

Totally based on results, it could be stated that watergrass is more competitive than rice; where the relative aggressiveness of component species was significantly higher for rice than weed. this is probably because of more growth compensation ability of weed through rapid growth and high tillering when it germinate later in the growing season, and because of its stronger competitiveness relative to the rice.

Keywords: Emergence patterns, Planting proportion, Transplanted rice, Weed seedling age